

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002250946 A**

(43) Date of publication of application: 06.09.02

(51) Int. Cl.

**G02F 1/35**

(21) Application number: **2001048578**

(22) Date of filing: **23.02.01**

(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>**

(72) Inventor: **OHARA TAKUYA  
TAKARA HIDEHIKO  
YAMADA HIDEKAZU  
MORIOKA TOSHIO**

**(54) MULTI-WAVELENGTH LIGHT SOURCE**

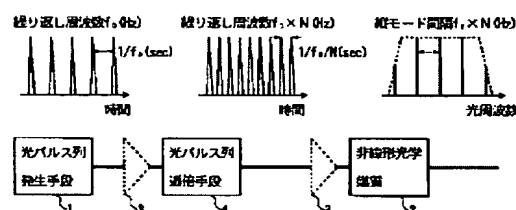
**(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a multi-wavelength light source applicable to WDM(wavelength-division multiplexing) communication of various channel frequency intervals by facilitating the change of setting of the channel frequency interval of a coherent white color source.

SOLUTION: The multi-wavelength light source is provided with a light pulse train multiplication means to perform N-multiplication (N is an integer of two or more) of a light pulse train having a repeat frequency of  $f_0$  (Hz) to generate a light pulse train having a repeat frequency of  $f_0 \times N$  (Hz) between a light pulse train generating means which generates the light pulse train having a repetition frequency  $f_0$  (Hz) and a nonlinear optical medium which receives the light pulse train to generate coherent white light having a longitudinal mode space of  $f_0$  (Hz).

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

本発明の多波長光源の第1の実施形態



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-250946  
(P2002-250946A)

(43)公開日 平成14年9月6日(2002.9.6)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 F 1/35

識別記号

F I

G 0 2 F 1/35

フォーマット(参考)

2 K 0 0 2

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2001-48578(P2001-48578)

(22)出願日 平成13年2月23日(2001.2.23)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 大原 拓也

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 高良 秀彦

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(74)代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

最終頁に続く

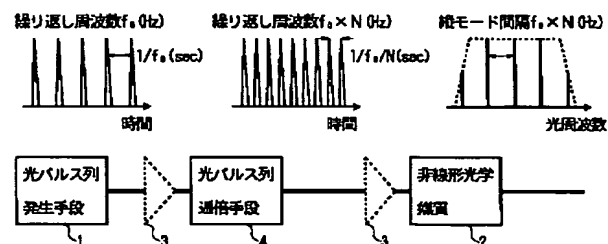
(54)【発明の名称】 多波長光源

(57)【要約】

【課題】 コヒーレント白色光源のチャネル周波数間隔の設定変更を容易にし、様々なチャネル周波数間隔のWDM通信に適用可能な多波長光源を実現する。

【解決手段】 繰り返し周波数  $f_0$  (Hz) の光パルス列を発生する光パルス列発生手段と、その光パルス列を入力して縦モード間隔  $f_0$  (Hz) のコヒーレント白色光を発生する非線形光学媒質との間に、繰り返し周波数  $f_0$  (Hz) の光パルス列をN通倍 (Nは2以上の整数) して繰り返し周波数  $f_0 \times N$  (Hz) の光パルス列を生成する光パルス列通倍手段を備える。

本発明の多波長光源の第1の実施形態



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 繰り返し周波数  $f_0$  (Hz) の光パルス列を発生する光パルス列発生手段と、

前記光パルス列を入力し、縦モード間隔  $f_0$  (Hz) のコヒーレント白色光を発生する非線形光学媒質とを備えた多波長光源において、

前記光パルス列発生手段と前記非線形光学媒質との間に、前記繰り返し周波数  $f_0$  (Hz) の光パルス列を  $N$  通倍 ( $N$  は2以上の整数) して繰り返し周波数  $f_0 \times N$  (Hz) の光パルス列を生成する光パルス列通倍手段を備え、前記非線形光学媒質に繰り返し周波数  $f_0 \times N$  (Hz) の光パルス列を入力して縦モード間隔  $f_0 \times N$  (Hz) のコヒーレント白色光を発生させることを特徴とする多波長光源。

【請求項2】 繰り返し周波数  $f_0$  (Hz) の光パルス列を発生する光パルス列発生手段と、

前記光パルス列を入力し、縦モード間隔  $f_0$  (Hz) のコヒーレント白色光を発生する非線形光学媒質とを備えた多波長光源において、

前記光パルス列発生手段と前記非線形光学媒質との間に、前記繰り返し周波数  $f_0$  (Hz) の光パルス列を  $M$  分周 ( $M$  は2以上の整数) して繰り返し周波数  $f_0 / M$  (Hz) の光パルス列を生成する光パルス列分周手段を備え、前記非線形光学媒質に繰り返し周波数  $f_0 / M$  (Hz) の光パルス列を入力して縦モード間隔  $f_0 / M$  (Hz) のコヒーレント白色光を発生させることを特徴とする多波長光源。

【請求項3】 繰り返し周波数  $f_0$  (Hz) の光パルス列を発生する光パルス列発生手段と、

前記光パルス列を入力し、縦モード間隔  $f_0$  (Hz) のコヒーレント白色光を発生する非線形光学媒質とを備えた多波長光源において、

前記光パルス列発生手段と前記非線形光学媒質との間に、前記繰り返し周波数  $f_0$  (Hz) の光パルス列を  $M$  分周 ( $M$  は2以上の整数) して繰り返し周波数  $f_0 / M$  (Hz) の光パルス列を生成する光パルス列分周手段と、前記繰り返し周波数  $f_0 / M$  (Hz) の光パルス列を  $N$  通倍 ( $N$  は2以上の整数、ただし  $M$  と  $N$  は互いに素) して繰り返し周波数  $f_0 \times N / M$  (Hz) の光パルス列を生成する光パルス列通倍手段とを備え、

前記非線形光学媒質に繰り返し周波数  $f_0 \times N / M$  (Hz) の光パルス列を入力して縦モード間隔  $f_0 \times N / M$  (Hz) のコヒーレント白色光を発生させることを特徴とする多波長光源。

【請求項4】 繰り返し周波数  $f_0$  (Hz) の光パルス列を発生する光パルス列発生手段と、

前記光パルス列を入力し、縦モード間隔  $f_0$  (Hz) のコヒーレント白色光を発生する非線形光学媒質とを備えた多波長光源において、

前記光パルス列発生手段と前記非線形光学媒質との間

に、前記繰り返し周波数  $f_0$  (Hz) の光パルス列を  $N$  通倍 ( $N$  は2以上の整数) して繰り返し周波数  $f_0 \times N$  (Hz) の光パルス列を生成する光パルス列通倍手段と、前記繰り返し周波数  $f_0 \times N$  (Hz) の光パルス列を  $M$  分周 ( $M$  は2以上の整数、ただし  $M$  と  $N$  は互いに素) して繰り返し周波数  $f_0 \times N / M$  (Hz) の光パルス列を生成する光パルス列分周手段とを備え、

前記非線形光学媒質に繰り返し周波数  $f_0 \times N / M$  (Hz) の光パルス列を入力して縦モード間隔  $f_0 \times N / M$  (Hz) のコヒーレント白色光を発生させることを特徴とする多波長光源。

【請求項5】 請求項1～4のいずれかに記載の多波長光源において、

前記光パルス列発生手段と前記非線形光学媒質との間に、光パルスのパワーを増幅する光増幅器を少なくとも1つ配置する構成であることを特徴とする多波長光源。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、発生する多波長光のチャンネル周波数間隔の設定を容易にした多波長光源に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 単体で複数の波長を発生できる多波長光源は、波長の制御性、低コスト、低消費電力、装置規模縮小の点で優れており、1本の光ファイバ中に異なるキャリア光波長の複数の光信号を伝送する波長分割多重 (WDM) 通信に用いる光源として研究開発が進められている。近年、WDMシステムでは伝送容量増大の要求によりチャンネル数が増加しており、これに対応する多波長光源の一つとして、正確な光周波数およびチャンネル周波数間隔で光を発生させることができるコヒーレント白色光源が注目されている (参考文献1: H. Takara et al., "Over 1000 channel optical frequency chain generation from a single supercontinuum source with 12.5 GHz channel spacing for DWDM and frequency standards", ECOC2000, PD3.1, 2000)。

【0003】 図5は、コヒーレント白色光源の基本構成を示す。図において、コヒーレント白色光源は、光パルス列発生手段1および非線形光学媒質2により構成され、必要に応じて非線形光学媒質2の入力光パワーを増幅する光増幅器3が用いられる。光パルス列発生手段1で発生させた繰り返し周波数  $f_0$  (Hz) の光パルス列を非線形光学媒質2に入力すると、広帯域なスペクトルのコヒーレント白色光が発生する。なお、コヒーレント白色光の発生原理については、例えば特開平8-234249号公報 (コヒーレント白色光源) に詳細に説明されている。

【0004】 このとき、コヒーレント白色光源の縦モード間隔、すなわちチャンネル周波数間隔は、光パルス列発生手段1で発生する光パルス列の繰り返し周波数に等し

い。すなわち、コヒーレント白色光源は、光パルス列発生手段1における繰返し周波数に応じてチャネル周波数間隔が設定される。多波長光源としては、このコヒーレント白色光から縦モードを選択的に取り出すことになる。

【0005】ところが、これまで主に光パルス列発生手段1として使用されているモード同期レーザは、光パルスの繰返し周波数 $f_0$ (Hz)が共振器長で決定されるので、繰返し周波数を変化させることが困難である。また、パルス幅やSN比などの特性に最適な繰返し周波数が存在している。そのため、上記のコヒーレント白色光源で発生する多波長光のチャネル周波数間隔は、使用する光パルス列発生手段1の繰返し周波数 $f_0$ (Hz)に固定され、それに応じたチャネル周波数間隔のWDM通信にしか適用できず、柔軟性に問題があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】近年のWDM通信は、通信需要の伸びに応じて伝送容量のさらなる拡大が求められている。また、WDM通信の適用先により、信号ビットレートやチャネル数が多様化してきている。また、WDM通信において利用可能な帯域を有効活用するには、信号ビットレートに応じて適切なチャネル周波数間隔にすることが必要となる。

【0007】本発明は、コヒーレント白色光源のチャネル周波数間隔の設定変更を容易にし、様々なチャネル周波数間隔のWDM通信に適用可能な多波長光源を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の多波長光源は、繰返し周波数 $f_0$ (Hz)の光パルス列を発生する光パルス列発生手段と、その光パルス列を入力して縦モード間隔 $f_0$ (Hz)のコヒーレント白色光を発生する非線形光学媒質との間に、繰返し周波数 $f_0$ (Hz)の光パルス列を $N$ 通倍( $N$ は2以上の整数)して繰返し周波数 $f_0 \times N$ (Hz)の光パルス列を生成する光パルス列通倍手段を備える。これにより、非線形光学媒質に繰返し周波数 $f_0 \times N$ (Hz)の光パルス列を入力し、縦モード間隔 $f_0 \times N$ (Hz)のコヒーレント白色光を発生させることができる。

【0009】また、本発明の多波長光源は、繰返し周波数 $f_0$ (Hz)の光パルス列を発生する光パルス列発生手段と、その光パルス列を入力して縦モード間隔 $f_0$ (Hz)のコヒーレント白色光を発生する非線形光学媒質との間に、繰返し周波数 $f_0$ (Hz)の光パルス列を $M$ 分周( $M$ は2以上の整数)して繰返し周波数 $f_0 / M$ (Hz)の光パルス列を生成する光パルス列分周手段を備える。これにより、非線形光学媒質に繰返し周波数 $f_0 / M$ (Hz)の光パルス列を入力して縦モード間隔 $f_0 / M$ (Hz)のコヒーレント白色光を発生させることができる。

【0010】また、光パルス列通倍手段と光パルス列分

周手段を組み合わせるにより、非線形光学媒質に繰返し周波数 $f_0 \times N / M$ (Hz)の光パルス列を入力して縦モード間隔 $f_0 \times N / M$ (Hz)のコヒーレント白色光を発生させることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】(第1の実施形態)図1は、本発明の多波長光源の第1の実施形態を示す。図において、本実施形態の多波長光源は、従来のコヒーレント白色光源における光パルス列発生手段1と非線形光学媒質2との間に、光パルス列通倍手段4を配置することを特徴とする。なお、必要に応じて光パルス列通倍手段4および非線形光学媒質2の前段に、光増幅器3を配置してもよい。

【0012】光パルス列発生手段1から出力される繰返し周波数 $f_0$ (Hz)の光パルス列は、光パルス列通倍手段4に入力されて $N$ 通倍され、繰返し周波数 $f_0 \times N$ (Hz)の光パルス列になる。これにより、この光パルス列を入力する非線形光学媒質2では、縦モード間隔(チャネル周波数間隔)が $f_0 \times N$ (Hz)に広がったコヒーレント白色光(多波長光)を発生させることができる。例えば、繰返し周波数10GHzの光パルス列を5通倍(多重)し、繰返し周波数50GHzの光パルス列を生成することにより、縦モード間隔が50GHzのコヒーレント白色光が得られ、チャネル周波数間隔50GHzのWDM通信に適用可能な多波長光源となる。

【0013】図2は、光パルス列通倍手段4の構成例を示す。ここに示す光パルス列通倍手段4は、プレーナ型の石英系光導波路回路(PLC)による光パルス列多重回路である(参考文献2: H. Takara et al., "100 Gbit/s optical signal eye-diagram measurement with optical sampling using organic nonlinear optical crystal", Electron. Lett., vol. 32, no. 24, pp. 2256-2258, 1996, 参考文献3: S. Kawanishi et al., "100 Gbit/s, 50km, and nonrepeated optical transmission employing all-optical multi/demultiplexing and PLL timing extraction", Electron. Lett., vol. 29, no. 12, pp. 1075-1077, 1993)。

【0014】図2(a)の光パルス列通倍手段は、石英基板41上に2つの $1 \times N$ カプラ42と、その間を結合する $N$ 本の遅延時間の異なる光導波路43とを形成した構成である。繰返し周波数 $f_0$ の光パルス列は、 $N$ チャネルに分岐された後に各チャネルごとに異なる遅延時間( $T/N$ :  $T$ は光パルス列の周期)を与えて合波することにより $N$ 通倍され、繰返し周波数 $f_0 \times N$ の光パルス列が生成される(図2(a)は $N=5$ で5通倍)。

【0015】図2(b)の光パルス列通倍回路は、石英基板41上に $2 \times 2$ カプラ44および光導波路43により構成されたマツハツェンダ干渉計を $n$ 段連続に接続した構成である。本構成では、入力端から出力端まで $2^n$ 通りの遅延時間の異なる光路が形成される。繰返し周波

数  $f_0$  の光パルス列は  $2^n$  に分離され、それぞれ異なる遅延時間で伝搬して合波することにより、繰り返し周波数  $f_0 \times 2^n$  の光パルス列が生成される（図2(b)は  $n=2$  で4通倍）。

【0016】また、光パルス列通倍手段4は図2の構成に限定されるものではなく、例えば特開平11-38259号公報（高速光パルス列発生装置）に記載のものなどが利用できる。これは、光パルス列通倍回路として分散付与手段を用いるものである。分散付与手段により分散を与えられた繰り返し周波数  $f_0$  の光パルス列のある時刻でのスペクトル成分に着目すると、分散の大きさによって光パルス中の2つ以上の異なる光周波数成分が含まれる。その異なる光周波数成分の光周波数差が  $f_0$  の  $N$  倍であれば、分散付与手段の出力に繰り返し周波数  $f_0 \times N$  の光パルス列が得られるという原理に基づいている。

【0017】（第2の実施形態）図3は、本発明の多波長光源の第2の実施形態を示す。図において、本実施形態の多波長光源は、従来のコヒーレント白色光源における光パルス列発生手段1と非線形光学媒質2との間に、光パルス列分周手段5を配置することを特徴とする。なお、必要に応じて光パルス列分周手段5および非線形光学媒質2の前段に、光増幅器3を配置してもよい。

【0018】光パルス列発生手段1から出力される繰り返し周波数  $f_0$  (Hz) の光パルス列は、光パルス列分周手段5に入力されて  $M$  分周され、繰り返し周波数  $f_0 / M$  (Hz) の光パルス列になる。これにより、この光パルス列を入力する非線形光学媒質2では、縦モード間隔（チャンネル周波数間隔）が  $f_0 / M$  (Hz) に狭まったコヒーレント白色光（多波長光）を発生させることができる。例えば、繰り返し周波数10GHzの光パルス列を2分周し、繰り返し周波数5GHzの光パルス列を生成することにより、縦モード間隔が5GHzのコヒーレント白色光が得られ、チャンネル周波数間隔5GHzのWDM通信に適用可能な多波長光源となる。

【0019】光パルス列分周手段5としては、例えば  $\text{LiNbO}_3$  光強度変調器や電界吸収型光変調器を用いて所定の繰り返し周波数で光パルスを出力する光ゲート回路などを利用することができる。

【0020】（第3の実施形態）図4は、本発明の多波長光源の第3の実施形態を示す。図において、本実施形態の多波長光源は、従来のコヒーレント白色光源における光パルス列発生手段1と非線形光学媒質2との間に、光パルス列通倍手段4および光パルス列分周手段5を配置することを特徴とする。なお、光パルス列通倍手段4と光パルス列分周手段5の配列は任意であるが、ここでは光パルス列分周手段5、光パルス列通倍手段4の順に配置された例を示す。また、必要に応じて光パルス列分周手段5、光パルス列通倍手段4および非線形光学媒質2の前段に、光増幅器3を配置してもよい。

【0021】光パルス列発生手段1から出力される繰り返し周波数  $f_0$  (Hz) の光パルス列は、光パルス列分周手段5に入力されて  $M$  分周され、繰り返し周波数  $f_0 / M$  (Hz) の光パルス列になる。さらに、その光パルス列は、光パルス列通倍手段4に入力されて  $N$  通倍され、繰り返し周波数  $f_0 \times N / M$  (Hz) の光パルス列になる。ここで、 $M$  と  $N$  は互いに素とする。これにより、この光パルス列を入力する非線形光学媒質2では、縦モード間隔（チャンネル周波数間隔）が  $f_0 \times N / M$  (Hz) のコヒーレント白色光（多波長光）を発生させることができる。例えば、繰り返し周波数10GHzの光パルス列を2分周した後5通倍し、繰り返し周波数25GHzの光パルス列を生成することにより、縦モード間隔が25GHzのコヒーレント白色光が得られ、チャンネル周波数間隔25GHzのWDM通信に適用可能な多波長光源となる。

【0022】このように、光パルス列通倍手段4および光パルス列分周手段5を組み合わせることにより、多波長光源のチャンネル周波数間隔をより柔軟に設定することができる。

#### 【0023】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の多波長光源は、光パルス列発生手段の繰り返し周波数  $f_0$  (Hz) を変えることなく、その  $N$  倍または  $1/M$  または  $N/M$  の繰り返し周波数の光パルス列を生成して非線形光学媒質に入力することにより、容易に縦モード間隔  $f_0 \times N$  (Hz)、 $f_0 / M$  (Hz)、 $f_0 \times N / M$  (Hz) のコヒーレント白色光を発生させることができる。これにより、多波長光源のチャンネル周波数間隔の設定変更が容易になり、様々なチャンネル周波数間隔のWDM通信に適用可能な多波長光源を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の多波長光源の第1の実施形態を示すブロック図。

【図2】光パルス列通倍手段4の構成例を示す図。

【図3】本発明の多波長光源の第2の実施形態を示すブロック図。

【図4】本発明の多波長光源の第3の実施形態を示すブロック図。

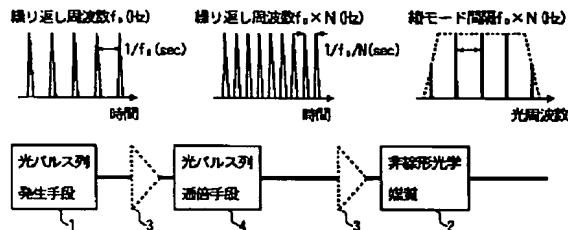
【図5】コヒーレント白色光源の基本構成を示すブロック図。

#### 【符号の説明】

- 1 光パルス列発生手段
- 2 非線形光学媒質
- 3 光増幅器
- 4 光パルス列通倍手段
- 5 光パルス列分周手段
- 41 石英基板
- 42  $1 \times N$  カブラ
- 43 光導波路
- 44  $2 \times 2$  カブラ

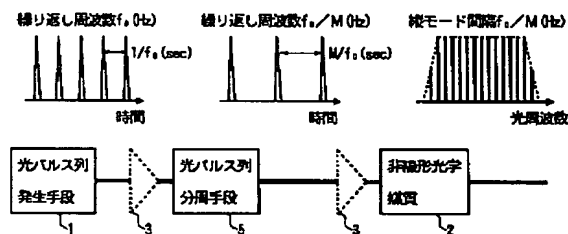
【図1】

本発明の多波長光源の第1の実施形態



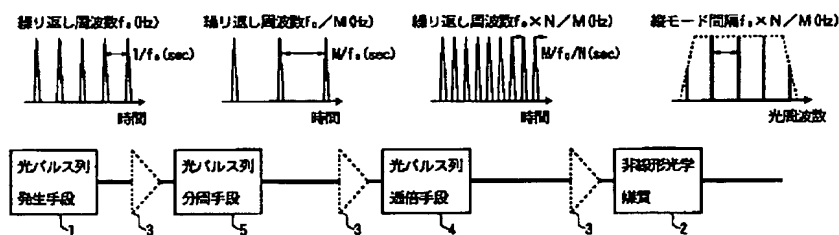
【図3】

本発明の多波長光源の第2の実施形態



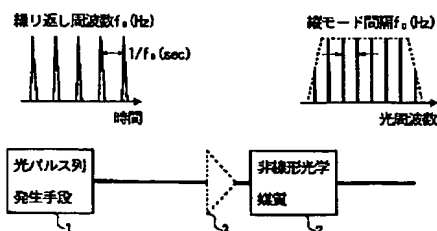
【図4】

本発明の多波長光源の第3の実施形態



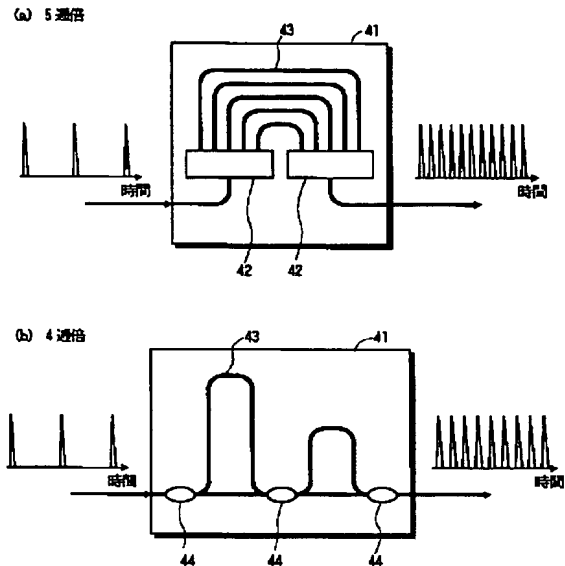
【図5】

コヒーレント白色光源の基本構成



【図2】

光パルス列通倍手段4の構成例



フロントページの続き

(72)発明者 山田 英一  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 盛岡 敏夫  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内  
Fターム(参考) 2K002 AA02 AB12 BA02 EA30 GA10  
HA13